

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 4月13日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-115060

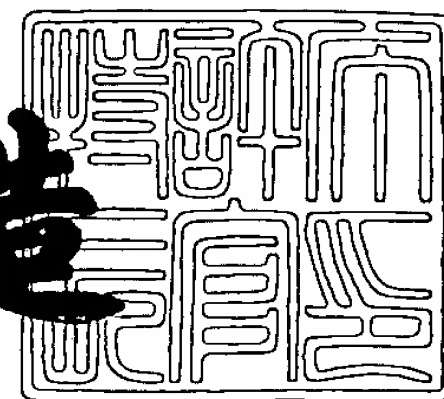
出 願 人
Applicant(s):

株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070903

【書類名】 特許願

【整理番号】 010304

【提出日】 平成13年 4月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

特 2 0 0 1 - 1 1 5 0 6 0

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射する一次光学系と、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子が投入される、少なくとも 1 段のレンズを有する二次光学系と、前記二次電子を検出する検出器とを備え、前記電子線照射部から放出された二次電子を加速し、 $E \times B$ 分離器で一次光学系から分離して前記二次光学系に投入し、前記二次電子の像を前記レンズで拡大して検出器で検出する電子線装置において、

前記一次光学系が複数の一次電子線を発生して試料に同時に照射し、前記検出器が前記一次電子線の数に対応して複数設けられていることと、

前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、

前記試料のチャージアップ状態を調査するチャージアップ調査機能と、を備えることを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電子線装置において、前記チャージアップ調査機能からのチャージアップ状態に関する情報に基づいて最適なリターディング電圧を決定し、それを前記試料に印加する機能、或いは一次電子線の照射量を変化させる機能を更に備えることを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 複数の電子線を試料に照射する光学系と、チャージアップ調査機能とを有し、前記チャージアップ調査機能は、前記試料に一次電子線が照射されて発生した二次電子を複数の検出器で検出して画像を形成したとき、前記試料の特定部分のパターン歪み或いはパターンボケを評価し、その結果パターン歪み或いはパターンボケが大きい場合をチャージアップが大きいと評価する事を特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 又は 3 に記載の電子線装置において、前記チャージアップ調査機能は、試料に値が可変のリターディング電圧を印加可能であり、少なくとも二つのリターディング電圧を印加した状態で、試料のパターン密度が大きく変化している境界付近の画像形成を行い、上記画像をオペレータがパタ

ーン歪み或いはパターンボケを評価可能なように表示する装置を有することを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の電子線装置を用いてプロセス途中或いは終了後のウエハの評価を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】

本発明は、試料の表面に形成されたパターン等を評価する電子線装置及びその電子線装置を用いてプロセス途中又は終了後の試料の評価を行うデバイス製造方法に関し、詳しくは、最小線幅 0.1 μm 以下のパターンを有する、試料上のデバイス等の欠陥検査、CD 測定、電位コントラストの測定、高時間分解電位測定等の評価を高いスループットでかつ高い信頼性のもとで行える電子線装置及びそのような電子線装置を用いてプロセス途中又は終了後の試料の評価を行うデバイス製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来技術】

絶縁材料を含む試料を観察、評価する装置には種々の技術が報告されている。このような技術の中で、走査電子顕微鏡について言えば、一次ビームのビーム電流、試料への吸収電流、照射装置からの反射電子量、二次電子放出量等を測定してチャージアップ状態を評価するチャージアップ検知機能を有する装置が公知である。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のごとき従来の走査電子顕微鏡では細い電子線すなわちビームで試料表面を走査するため、大面積を有する試料を評価するとスループットが大幅に低下する問題があった。

また、前記公知のチャージアップ検知機能では、各種電流を高い時間分解能で測定する必要があり、チャージアップの状態をかならずしも正しく検出できな

った。

【 0 0 0 4 】

本発明は上記の問題点に鑑みなされたものであって、発明が解決しようとする一つの課題は、スループットを向上させかつより高い信頼性の下で試料の評価を行える電子線装置を提供することである。

本発明が解決しようとする他の課題は、複数の電子線を試料に同時に照射させることによりスループットを向上させると共に、チャージアップ検知機能を向上させて評価の信頼性を向上した電子線装置を提供することである。

本発明が解決しようとする更に別の課題は、上記のような電子線装置を用いてプロセス途中又は後の試料の評価を、高い製造歩留まりで行えるデバイスの製造方法を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本願の一つの発明は、一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射する一次光学系と、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子が投入される、少なくとも1段のレンズを有する二次光学系と、前記二次電子を検出する検出器とを備え、前記電子線照射部から放出された二次電子を加速し、 $E \times B$ 分離器で一次光学系から分離して前記二次光学系に投入し、前記二次電子の像を前記レンズで拡大して検出器で検出する電子線装置において、

前記一次光学系が複数の一次電子線を発生して試料に同時に照射し、前記検出器が前記一次電子線の数に対応して複数設けられていることと、

前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、

前記試料のチャージアップ状態を調査するチャージアップ調査機能と、
を備えて構成されている。

上記発明による電子線装置が、前記チャージアップ調査機能からのチャージアップ状態に関する情報に基づいて最適なりターディング電圧を決定し、それを前記試料に印加する機能、或いは一次電子線の照射量を変化させる機能を更に備えていてもよい。

【 0 0 0 6 】

本願の他の発明による電子線装置は、複数の電子線を試料に照射する光学系と、チャージアップ調査機能とを有し、前記チャージアップ調査機能は、前記試料に一次電子線が照射されて発生した二次電子を複数の検出器で検出して画像を形成したとき、前記試料の特定部分のパターン歪み或いはパターンボケを評価し、その結果パターン歪み或いはパターンボケが大きい場合をチャージアップが大きいと評価するように構成されている。

前記各発明による電子線装置において、前記チャージアップ調査機能は、試料に値が可変のリターディング電圧を印加可能であり、少なくとも二つのリターディング電圧を印加した状態で、試料のパターン密度が大きく変化している境界付近の画像形成を行い、上記画像をオペレータがパターン歪み或いはパターンボケを評価可能なように表示する装置を有していてもよい。

本願の更に別の発明は、上記の電子線装置を用いてプロセス途中或いは終了後のウエハの欠陥を検出する事を特徴とするデバイスの製造方法を提供することである。

【 0 0 0 7 】

【実施の形態】

以下図面を参照して本発明による電子線装置の一つの実施の形態について説明する。

図 1 及び図 2 において、本実施の形態による電子線装置 1 が模式的に示されている。この電子線装置 1 は、一次電子光学系（以下単に一次光学系）10と、二次電子光学系（以下単に二次光学系）20と、検出系30とを備えている。一次光学系10は、電子ビームをウエハ等の評価対象（以下試料と呼ぶ）Sの表面に照射する光学系で、電子線すなわち電子ビームを放出する電子銃11と、電子銃11から放出された一次電子ビームを集束するコンデンサレンズ12と、複数の開口が形成された第1のマルチ開口板13と、縮小レンズ14と、E×B分離器15と、対物レンズ16とを備え、それらは、図1に示されるように電子銃11を最上部にして順に配置されている。なお、17、18は一次電子ビームを走査する偏向器であり、19は軸対称電極である。

【 0 0 0 8 】

二次光学系 2 0 は一次光学系の光軸に関して傾斜した光軸に沿って配置された拡大レンズ 2 1 及び 2 2 並びに第 2 のマルチ開口板 2 3 を備えている。検出系 3 0 は、第 2 のマルチ開口板 2 3 の各開口 2 3 1 毎に配置された検出器 3 1 と、各検出器にそれぞれ増幅器 3 2 を介して接続された画像形成部 3 3 とを備えている。上記一次光学系 1 0、二次光学系 2 0 及び検出系 3 0 の各構成要素の構造及び機能は従来のもと同じであるから、それらについての詳細な説明は省略する。第 1 のマルチ開口板 1 3 の開口 1 3 1 と第 2 のマルチ開口板 2 3 の開口 2 3 1 とは対応して形成され、開口 1 3 1 は、図 2 で実線で示されるように、破線で示される開口 2 3 1 より小さくなっている。

【 0 0 0 9 】

試料 S は、ステージ装置 4 0 のホルダ 4 1 により公知の方法により着脱可能に支持され、そのホルダ 4 1 は、X Y ステージ 4 2 により直交方向に移動可能に支持されている。

電子線装置 1 は、更に、ホルダ 4 1 と電氣的に接続されたりターディング電圧印加装置（以下印加装置） 5 0 と、チャージアップ調査及びリターディング電圧決定システム（以下調査及び決定システム） 6 0 とを備えている。調査及び決定システム 6 0 は、画像形成部 3 3 に電氣的に接続されたモニター 6 1 と、モニター 6 1 に接続されたオペレータ 6 2 と、オペレータ 6 2 に接続された CPU 6 3 とを備えている。CPU 6 3 は、前記印加装置 5 0 並びに偏向器 1 7 に信号を供給するようになっている。

【 0 0 1 0 】

次に、上記実施の形態による電子線装置の動作に付いて説明する。

電子銃 1 1 から放出された一次電子線は、コンデンサレンズ 1 2 によって集束され、点 P 1 においてクロスオーバを形成する。第 1 のマルチ開口板 1 3 の開口 1 3 1 を通過した電子線はその複数の開口 1 3 1 により複数の一次電子ビームに形成される。第 1 のマルチ開口板 1 3 によって形成された一次電子ビームは縮小レンズ 1 4 により縮小され、点 P 2 に投影される。点 P 2 で合焦した後、対物レンズ 1 6 によって試料 S の上表面上で合焦される。複数の一次電子ビームは縮小

レンズ 1 4 と対物レンズ 1 6 との間に配置された偏向器 1 8 により、同時に試料の上面を走査するように偏向される。縮小レンズ 1 4 及び対物レンズ 1 6 の像面湾曲収差の影響をなくすため、マルチ開口板 1 3、2 3 の複数の開口 1 3 1 及び 2 3 1 は、各光学系の光軸を中心とする円の円周上に配置され、その X 方向の投影した場合の隣接間距離 L_x は、図 2 に示されるように等間隔になるように形成されている。

合焦された複数の一次電子ビームによって、試料 S 上の点が照射され、照射されたこれらの複数の点から放出された二次電子は、対物レンズ 1 6 の電界に引かれて細く集束され、E × B 分離器 1 5 で偏向され、二次光学系 2 0 に投入される。二次電子像は点 P 2 より対物レンズに近い点 P 3 に焦点を結ぶ。これは、各一次電子ビームが試料面上で 5 0 0 e V のエネルギーを持っているのに対して、二次電子線は数 e V のエネルギーしか持っていないからである。

【 0 0 1 1 】

この二次電子像は拡大レンズ 2 1 及び 2 2 により第 2 のマルチ開口板 2 3 の複数の開口 2 3 1 を通して各開口毎に設けられた検出器 3 1 に結像する。この二次電子像をそれぞれの検出器 3 1 により検出する。それぞれの検出器 3 1 は、検出した二次電子像をその強度を表す電気信号に変換する。こうして各検出器から出力された電気信号は対応する増幅器 3 2 により増幅された後、画像形成部 3 3 に入力され、この画像形成部で画像データに変換される。画像形成部 3 3 には、一次電子ビームを偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像形成部は試料 S の面を表す画像を表示する。この画像を基準パターンと比較することにより、試料 S の欠陥を検出することができる。

また、レジストレーションにより試料 S を一次光学系 1 0 の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすなわち走査することによって試料の上表面に形成されたパターンの線幅評価信号を取り出し、これを適宜に校正することにより、パターンの線幅を測定することができる。

【 0 0 1 2 】

ここで、第 1 のマルチ開口板 1 3 の開口を通過した一次電子ビームを試料 S の上面上に合焦させ、試料 S から放出された二次電子線を検出器 3 1 に結像させる

際に、一次光学系で生じる歪み、軸上色収差及び視野非点という三つの収差による影響を最小にするように特に配慮する必要がある。

また、試料に照射される一次電子ビーム間の間隔と二次光学系との関係に付いては、複数の一次電子ビーム間の間隔を、二次光学系の収差よりも大きい距離だけ離せば、複数のビーム間のクロストークをなくすることができる。

【 0 0 1 3 】

画像形成部 3 3 で変換された画像データは、調査及び決定装置 6 0 の表示装置 6 1 により画像として表示され、オペレータ 6 2 により画像を評価する。オペレータ 6 2 はこの実施形態ではチャージアップ調査装置を構成する。またオペレータ 6 2 は画像に基づいてチャージアップ状態を調査することができる。そして、その結果を CPU 6 3 に入力し、リターディング電圧を最適な値に設定する。CPU は、この実施形態では、リターディング電圧決定装置を構成する。

より具体的には、被評価試料のチャージアップの影響を受け易い場所すなわち図 3 [A] に示されるように、試料としてのウェハの表面に形成されたチップ 1 0 0 のメモリーセル 1 0 1 のコーナ部を評価した。すなわち、(1) コーナ部のメモリーセル境界 1 0 2 のパターン歪み量 1 0 3、1 0 4 を測定するか、或いは、(2) メモリーセルのコーナ部においてパターンを横切るように(矢印 A 1 及び A 2 で示すように) 走査した時に得た信号強度のコントラストを、図 5 [B] において実線 1 0 5 及び 1 0 7 で表示して、チップの中心部においてパターンを矢印 A 3、A 4 に走査したときに得た信号強度のコントラスト 1 0 6 及び 1 0 8 (いずれも図 5 [B] において破線図示) と比較してもよい。

【 0 0 1 4 】

リターディング電圧印加装置 5 0 に複数の値の電圧を与え、その都度、歪み量 1 0 3 及び 1 0 4 或いはコントラスト 1 0 5、1 0 7 及び 1 0 6、1 0 8 を測定し、歪み量 1 0 3 及び 1 0 4 が小さい方がチャージアップの影響は小さいと評価した。また、コーナ部でのコントラストの値 1 0 5、1 0 7 が中心部でのコントラストの値に近い方がチャージアップの影響が小さいと評価した。

チャージアップの状態の良好なリターディング電圧が見出されたら、その値を CPU 6 3 を介して印加装置 5 0 に与え、その値で試料すなわちウェハの評価を

行うようにした。また、ビーム電流を小さくするとチャージアップが減少する試料の場合は、ビーム電流を小さくしてもよい。

【 0 0 1 5 】

次に図 4 及び図 5 を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

図 4 は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
- (2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- (3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程
- (4) ウエハ上に形成されたチップを 1 個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程
- (5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【 0 0 1 6 】

これらの主工程中の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが (3) のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリや MPU として動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

- (A) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVD やスパッタリング等を用いる）
- (B) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- (C) 薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィ工程
- (D) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）
- (E) イオン・不純物注入拡散工程

(F) レジスト剥離工程

(G) 加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【 0 0 1 7 】

図5は、図4のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートする
レジスト塗布工程

(b) レジストを露光する工程

(c) 露光されたレジストを現像してレジストパターンを得る現像工程

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記(G)の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】

本発明によれば、次のような効果を奏することが可能である。

(イ) スループットが電子ビームの数に比例した倍数に近い値がえられ、数倍に向上できる。

(ロ) チャージアップ状態が最も少ない状態でウエハの評価が行われるので、信頼性の高い評価ができる。

(ハ) チャージアップ性能を、各種の電流を測定して行うのではなく、実際の画像で評価しているので、より正しい評価結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による電子線装置の一つの実施形態の模式図である。

【図 2】

図 1 の電子線装置の一次光学系に使用されているマルチ開口板の開口の位置関係を示す図である。

【図 3】

チャージアップの評価場所と評価方法を説明する図である。

【図 4】

本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図 5】

図 4 のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1、 電子線装置

1 0 一次光学系

1 2 コンデンサレンズ

1 4 縮小レンズ

1 6 対物レンズ

2 0 二次光学系

2 3 マルチ開口板

3 0 検出系

3 1 検出器

5 0 リターディング電圧印加装置

6 0 チャージアップ調査及び調査及びリターディング電圧決定システム

1 1 電子銃

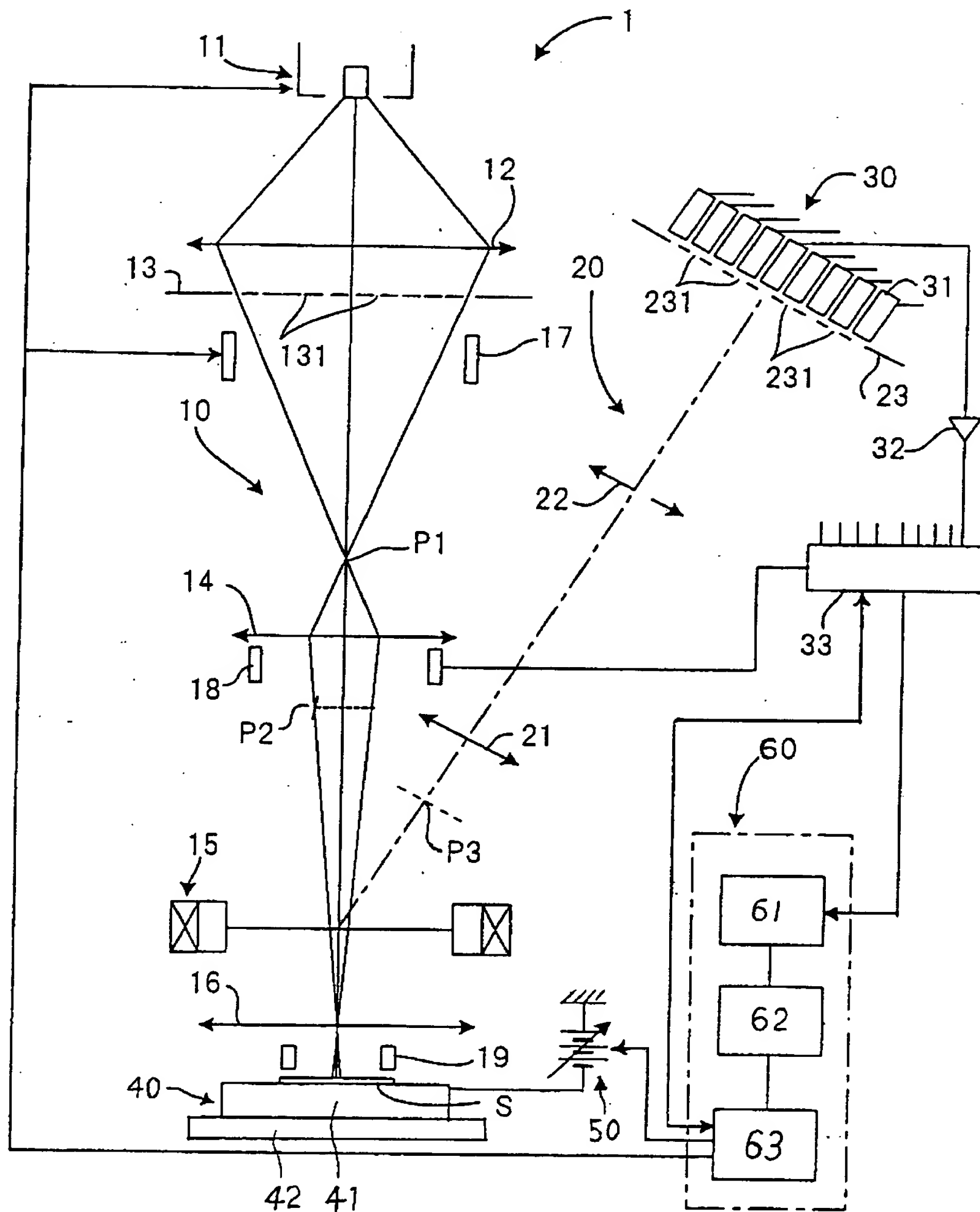
1 3 マルチ開口板

1 5 E × B 分離器

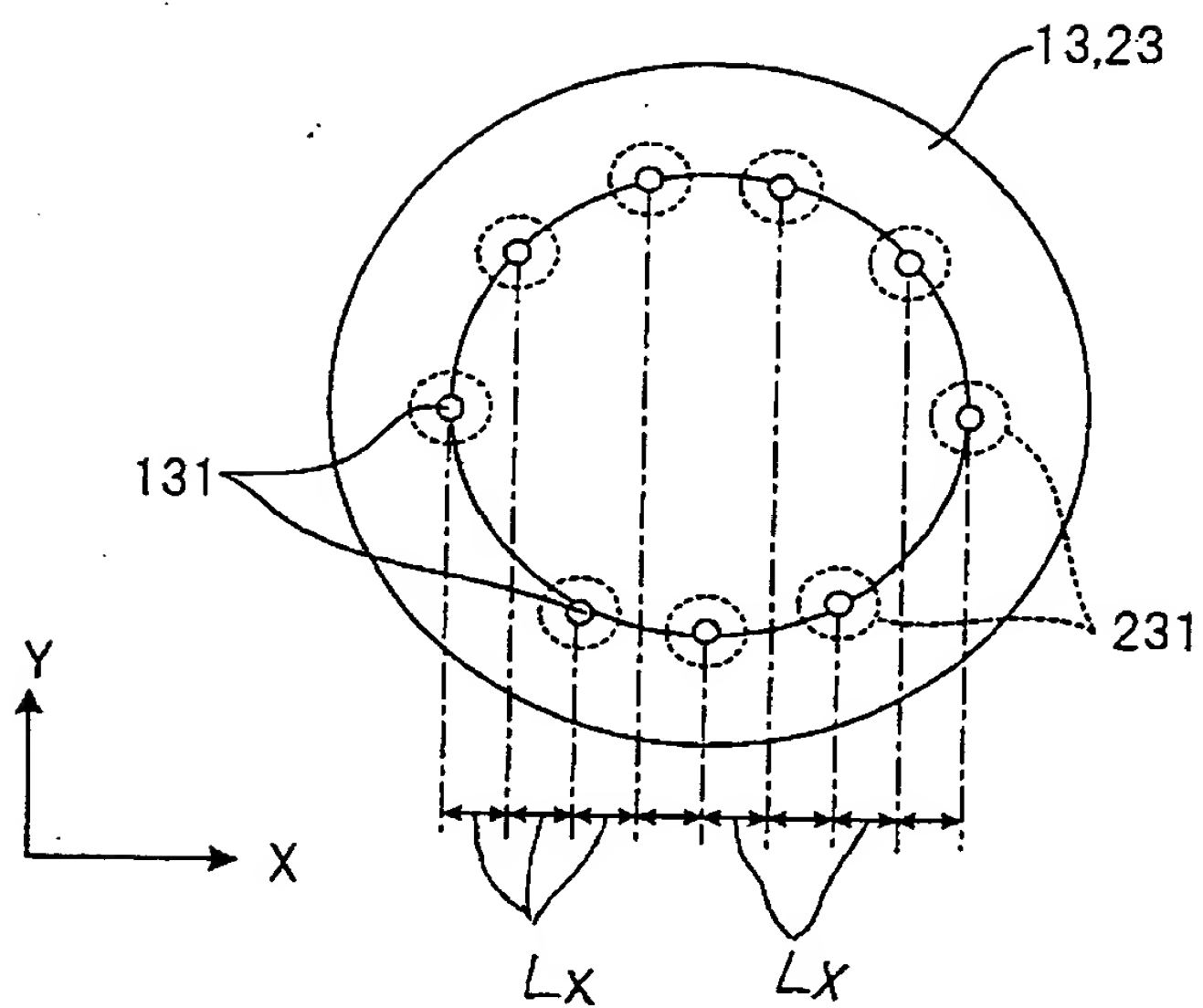
2 1、2 2 拡大レンズ

【書類名】 図面

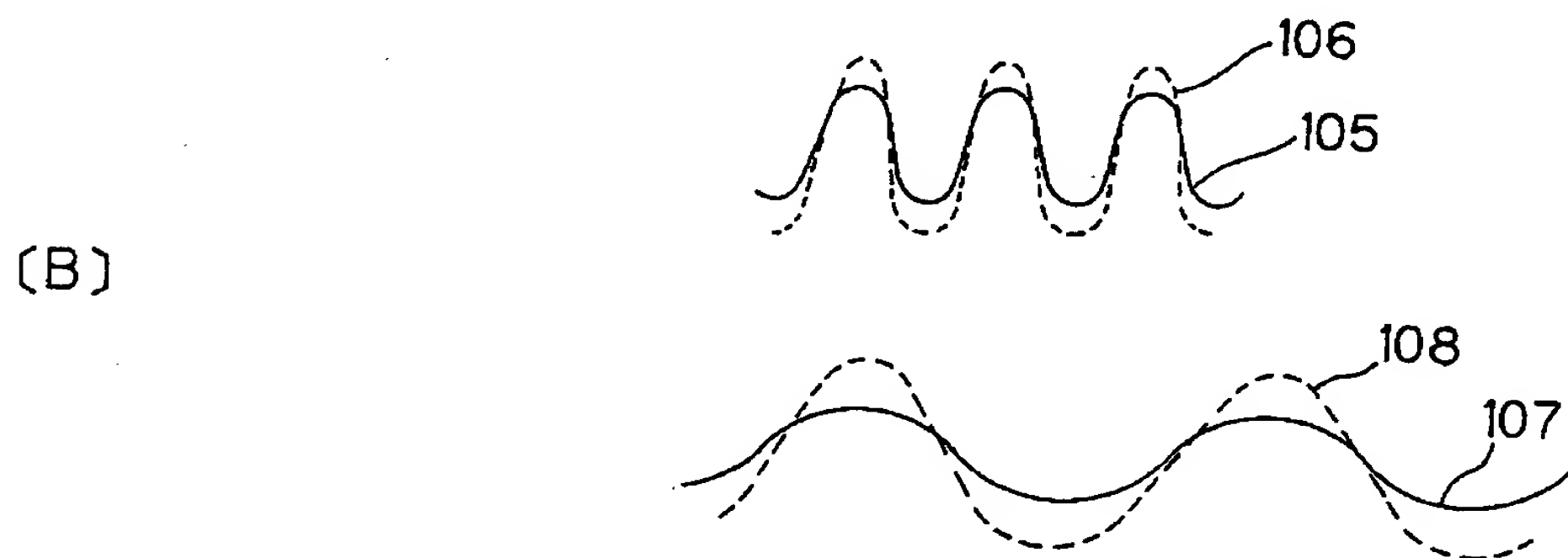
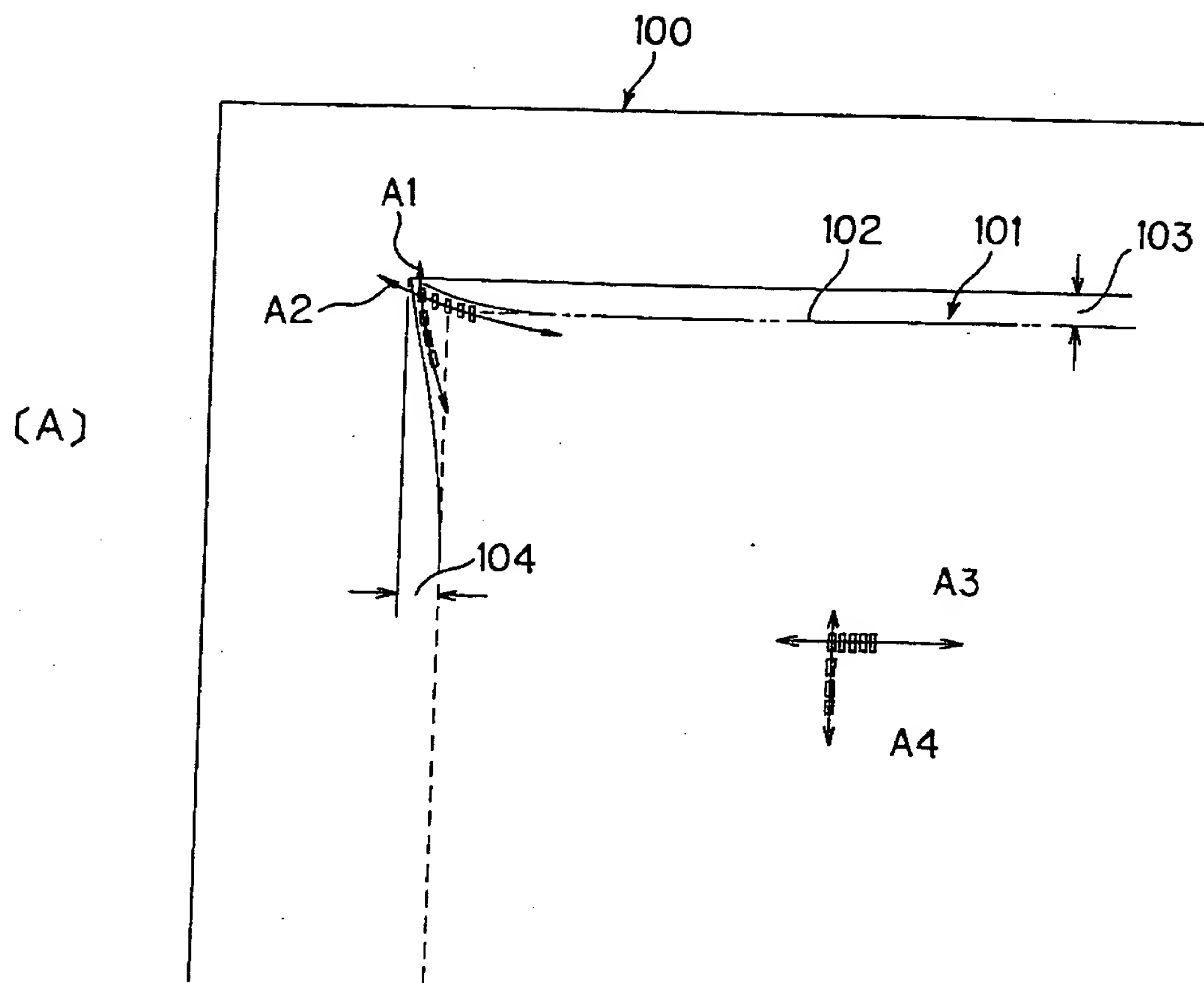
【図 1】



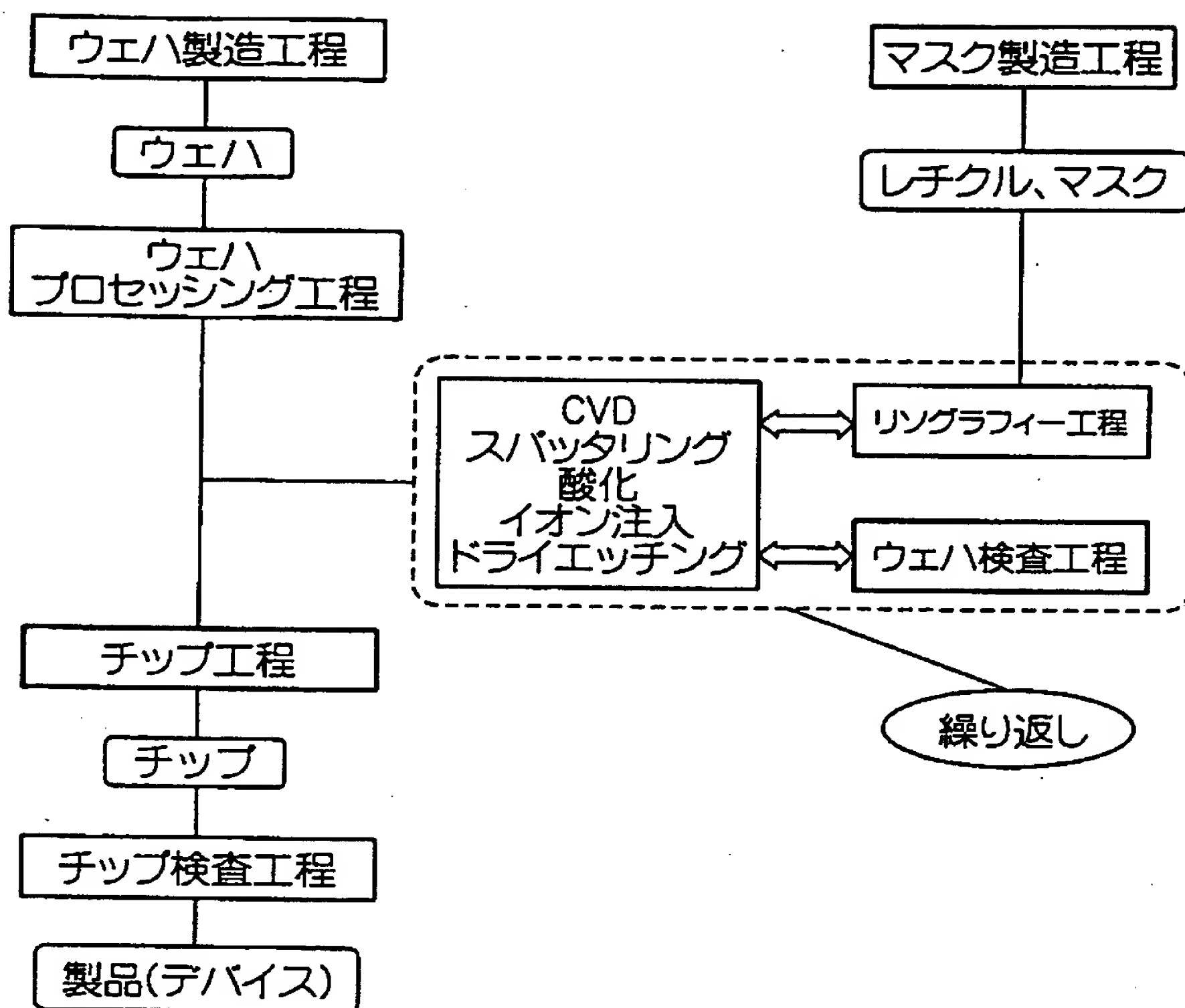
【図 2】



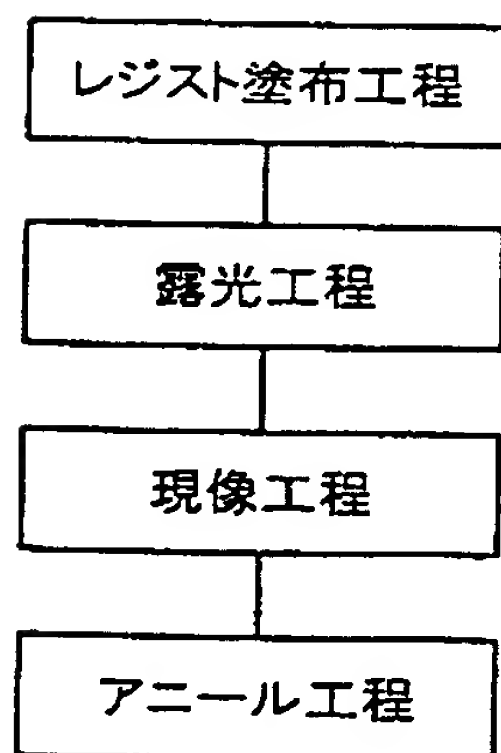
【図3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】 この発明は、一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射する一次光学系 1 0 と、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子が投入される、少なくとも 1 段のレンズを有する二次光学系 2 0 と、前記二次電子を検出する検出器 3 1 とを備え、前記電子線照射部から放出された二次電子を加速し、 $E \times B$ 分離器で一次光学系から分離して前記二次光学系に投入し、前記二次電子の像を前記レンズで拡大して検出器で検出する電子線装置である。電子線装置は、前記一次光学系が複数の一次電子線を発生して試料に同時に照射し、前記検出器が前記一次電子線の数に対応して複数設けられていることと、前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置 5 0 と、前記試料のチャージアップ状態を調査するチャージアップ調査装置と、を備える。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
氏 名 株式会社荏原製作所